

ресурса высоковольтных импульсных конденсаторов с пленочным диэлектриком от режима эксплуатации // Электротехника. – 2006. – № 6. – С. 38-41. **18.** Рудаков В.В., Беспалов В.Д., Золотухин А.Н., Дубийчук О.Ю. Надежность и удельные характеристики высоковольтных импульсных конденсаторов // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск. Проблеми сучасної електротехніки. Частина 6. – 2002. – С. 89-93. **19.** Рудаков В.В., Дубийчук О.Ю., Крамчанин Е.Г. и др. Особенности конструирования высоковольтных импульсных конденсаторов с последовательным соединением секций // Вісник НТУ «ХПІ» «Техніка і електрофізика високих напруг». – 2006. – № 37. – С. 119-127. **20.** В.В.Рудаков, О.Ю.Дубийчук. Выбор рациональной конструкции высоковольтных импульсных конденсаторов с последовательным соединением секций // Материалы 13-й Международной научной школы-семинара «Физика импульсных разрядов в конденсированных средах» (Август 2007). – Николаев, 2007. – С. 130-131. **21.** Жарова Н.В., Ратахин Н.А., Саушкин А.В. и др. Быстрый вывод энергии из сильноточного импульсного конденсатора с помощью псевдоискрового разрядника // Приборы и техника эксперимента. – 2006. – № 3. – С. 96-99. **22.** Расчет эксплуатационных характеристик и применение электрических конденсаторов / Б.П. Беленький, П.Н. Бондаренко, М.Э. Борисова и др. – М.: Радио и связь, 1988. – 240 с. **23.** Гунько В.И., Онищенко Л.И., Гребенников И.Ю. и др. Исследование влияния повышенных температур и давления на электрическую прочность полиметилсилоксановой жидкости ПМС-20 и касторового масла, насыщенных элгезом // Электротехника. – 2008. – № 7. – С. 59-61. **24.** Онищенко Л.И., Гунько В.И., Гребенников И.Ю. и др. Емкостные накопители энергии для электрофизических устройств различного назначения // Электротехника. – 2001. – № 8. – С. 55-57. **25.** Ермилов И.В. Современные импульсные конденсаторы с пленочным диэлектриком // Электронные компоненты. – 2005. – № 4. **26.** В.В.Рудаков, Ю.В.Кравченко, Д.А.Доценко. Ресурс пленочной полипропиленовой изоляции, пропитанной касторовым маслом, в импульсном режиме // Вісник НТУ «ХПІ» «Техніка і електрофізика високих напруг». – 2006. – № 37. – С. 113-118. **27.** Гребенников И.Ю., Гунько В.И., Дмитришин А.Я. и др. Исследование способов очистки трансформаторного масла для пропитки высоковольтных импульсных конденсаторов с пленочным диэлектриком // Электротехника. – 2007. – № 1. – С. 25-27. **28.** Андреев А.М., Канискин В.А., Полонский Ю.А. Исследование старения электроизоляционных материалов силовых кабелей и конденсаторов // Электричество. – 1999. – № 1. – С. 39-44. **29.** Беспалов В.Д., Рудаков В.В., Кашицкая Ю.В. и др. Исследование бумажно-пленочного диэлектрика, пропитанного касторовым маслом с добавкой поверхностно-активного вещества // Вісник національного технічного університету «ХПІ» «Електроенергетика і перетворююча техніка». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2006. – № 7. – С. 58-63. **30.** Рудаков В.В. Механизм разрушения конденсаторной изоляции // Техническая электродинамика. – 1998. – № 6. – С. 10-15. **31.** Кравченко Ю.В., Рудаков В.В. Распределение электрического поля у края обкладки конденсатора с произвольным наклоном грани торца // Техническая электродинамика. Тематический выпуск. – 2008. – Ч. 4. – С. 129-132. **32.** В.В.Рудаков, Ю.В.Кравченко, В.О.Лысенко. «Краевой эффект» у скошенного края электрода // Вісник НТУ «ХПІ» «Техніка і електрофізика високих напруг». – 2007. – № 34. – С. 85-92.

Надійшло до редколегії 09.10.2009

УДК 621.317.3

В.В.РУДАКОВ, докт.техн.наук, проф., НТУ «ХПИ»;
А.И.КОРОБКО, канд.техн.наук, вед.науч.сотр., НТУ «ХПИ»;
А.А.КОРОБКО, студент, НТУ «ХПИ»

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ В ЭМУЛЬСИЯХ ТИПА МИНЕРАЛЬНОЕ МАСЛО – ВОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭМУЛЬСИИ ИНЖЕНЕРНОГО ТИПА

В статті наведені результати експериментальних досліджень діелектричного метода визначення вмісту води в емульсіях типу мінеральне масло – вода з використанням електрофізичної моделі емульсії інженерного типу.

In article results of experimental researches of a dielectric method of definition of moisture content in type mixes mineral oil – water with use of electrophysical model of a mix of engineering type are stated.

Цель работы. Экспериментальная проверка корректности диэлектрического метода определения влагосодержания, базирующегося на инженерной методике определения электрофизических характеристик эмульсии типа минеральное масло – вода.

Экспериментальная часть. Для проверки корректности инженерного подхода к разработке диэлектрического метода определения влагосодержания в эмульсиях типа минеральное масло – вода, описанного в статье данного сборника: В.В.Рудаков, А.И.Коробко, А.А.Коробко «Электрофизическая модель эмульсии типа минеральное масло – вода инженерного типа» была проведена его экспериментальная проверка.

При этом проводились исследования на эмульсии типа трансформаторное масло – вода.

Для проведения экспериментальных исследований по определению влагосодержания в данной эмульсии был использован диэлектрический метод [1], базирующийся на определении зависимости от объемного содержания воды к общему объему эмульсии диэлектрической проницаемости $\epsilon_{эм}$.

Для определения $\epsilon_{эм}$ был разработан измерительный комплекс, блок – схема, которого представлена на рис.1.

В состав измерительного комплекса входят:

- измерительный преобразователь 1 емкостного типа;
- измерительный генератор 2;
- средства измерения и контроля, электронный частотомер 3 (ЧЗ-34) и электронный осциллограф 4 (С1-55).

Общий вид измерительного комплекса представлен на рис. 2.

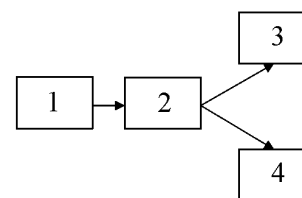


Рисунок 1 –Блок-схема измерительного комплекса

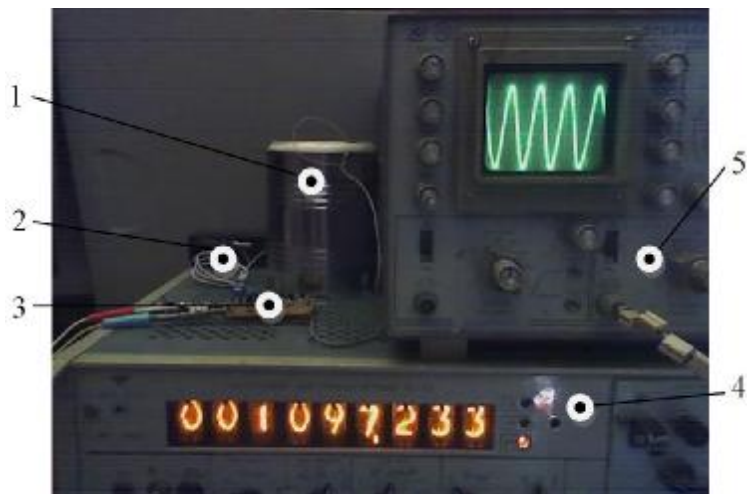


Рисунок 2 – Общий вид измерительного комплекса:

1 – измерительный преобразователь, 2 – питание 12В, 3 – измерительный генератор, 4 – частотомер ЧЗ-34, 5 – осциллограф С1-55

В качестве измерительного преобразователя был использован плоский конденсатор диаметром 50 мм с межэлектродным расстоянием 2 мм, заполненный исследуемой эмульсией. Для уменьшения влияния приэлектродных процессов на точность эксперимента электроды конденсатора были выполнены из нержавеющей стали, а переменное напряжение на его обкладках не превышало 200 мВ (существенно меньше гальванической разницы потенциалов).

Измерительный преобразователь подсоединялся к измерительному генератору, который представляет собой электронный генератор с самовозбуждением [2], эквивалентная схема колебательного контура представлена на рис. 3.

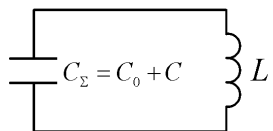


Рисунок 3 – Эквивалентная схема колебательного контура измерительного генератора

Измерительный генератор обеспечивает постоянство амплитуды высокочастотного сигнала на измерительном преобразователе и устойчивую генерацию в диапазоне частот от 50 кГц до 2,8 МГц. При этом коэффициент гармоник сигнала на измерительном преобразователе не превышает 5 %, что обеспечивало практически синусоидальную (гармоническую)

форму сигнала, амплитудно – временные параметры которого контролировались с помощью осциллографа С1-55.

Величина емкости C_{Σ} определяется суммой емкостей «чистого» измерительного преобразователя C и паразитной емкостью C_0 , являющейся входной емкостью измерительного генератора.

С учетом пренебрежения потерями в этом контуре, его резонансная частота

та ν определяется известной формулой Томпсона [3]:

$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{\Sigma}}} \quad (1)$$

В свою очередь величина C определяется исключительно геометрической емкостью измерительного преобразователя C_{Γ} и величиной $\epsilon_{см}$: $C = C_{\Gamma} \cdot \epsilon_{см}$. Величины C_{Γ} , L и C_0 – конструктивные константы данного измерительного преобразователя.

Для инструментального определения неизвестных C_{Γ} , L и C_0 были проведены предварительные эксперименты:

- определена резонансная частота ν_1 , которая соответствует случаю, когда измерительный преобразователь отключен и в контуре включена только паразитная емкость C_0 ;
- определение резонансной частоты ν_2 , которая соответствует случаю, когда измерительный преобразователь подключен к измерительному генератору и заполнен чистым трансформаторным маслом.

С учетом вышеизложенного, а также принимая во внимание результаты вышеназванной статьи, влагосодержание W определяется следующим образом:

$$W = \frac{1/\nu^2 - 1/\nu_2^2}{3(1/\nu_2^2 - 1/\nu_1^2)}, \quad (2)$$

где ν – резонансная частота для исследуемой эмульсии.

Для измерения ν_1 , ν_2 и ν были сделаны по 10 измерений в точках $W = 0$ (для ν_1 , ν_2) и в точках $W = 0$; 5 %; 10 %; 20 %.

Водомасляная эмульсия приготавливалась путем механического перемешивания в высокоскоростном миксере заранее отмеренных объемных частей воды и трансформаторного масла.

Обработанные экспериментальные результаты исследований в сопоставлении с теоретическими результатами, соответствующими модели эмульсии инженерного типа, приведенной ранее, представлены на рис. 4.

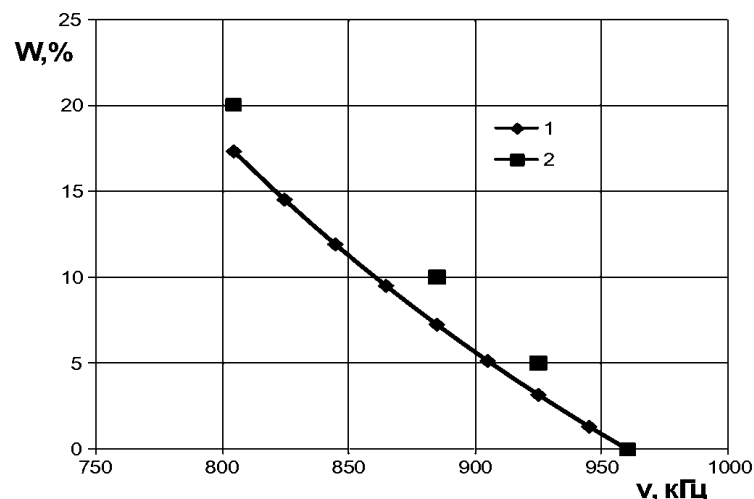


Рисунок 4 – График зависимости влагосодержания от частоты:
1 – теоретическая зависимость, 2 – экспериментальные данные

Как видно из сопоставленных теоретических и экспериментальных данных, наблюдается удовлетворительное их совпадение. Так рассогласование теоретических и экспериментальных данных не превышает 13 % для $W = 20$ %; 27 % для $W = 10$ %; и 36 % для $W = 5$ %.

Полученные величины рассогласований между теоретическими и экспериментальными данными можно объяснить как несовершенством теоретической модели инженерного типа, так и возможным наличием воздуха, попавшего в эмульсию в процессе ее приготовления.

Указанные причины определяют направления дальнейших исследований по данному направлению.

Выводы. По результатам теоретических и экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Упрощенная теоретическая модель обеспечивает удовлетворительную точность, относительную погрешность не превысила 36 % в диапазоне концентраций 0-5 %, что позволяет использовать разработанный метод для экспресс диагностики трансформаторного масла в электротехнике.

2. В диапазоне концентрации 5-20 % разработанный метод позволяет оперативно определить влагосодержание в сильно обводненных эмульсиях, что позволяет использовать данный метод для экспресс оценки влагосодержания топливных эмульсий типа мазут-вода применяемых в электроэнергетике.

Список литературы: 1. Пешков Н.П., Коровский М.Я. Применение метода частотной модуляции для измерения малых содержаний воды в авиационных топливах // Тр. Рижского Краснозн. инсти-

тута инженеров гражданской авиации. – Рига, 1970. – Вып. 166. – С. 66-71. 2. Мелешико Е.А. Наносекундная электроника в экспериментальной физике. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – С. 12-14. 3. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. 5-е изд. – М.: Наука» 1971. – 939 с.

Поступила в редакцию 16.11.2009

УДК 621.317.3

В.В.РУДАКОВ, докт.техн.наук, проф., НТУ «ХПИ»;

А.И.КОРОБКО, канд.техн.наук, вед.науч.сотр., НТУ «ХПИ»;

А.А.КОРОБКО, студент, НТУ «ХПИ»

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭМУЛЬСИИ ТИПА МИНЕРАЛЬНОЕ МАСЛО – ВОДА ИНЖЕНЕРНОГО ТИПА

В статті розглянуті питання щодо визначення кількості води в системі мінеральне масло – вода діелектричним методом. Також наведена теоретична модель, яка описує принцип дії даного пристрою.

In the article the considered questions are in relation to determining the amount of water in the mixes mineral oil – water by a dielectric method. A theoretical model which describes principle of action of this device is also considered.

Введение. В настоящее время существует четкая тенденция востребованности эффективных технологий определения различных параметров диэлектрических жидкостей на органической основе [1-3]. Возникновение таких тенденций вызвано, с одной стороны, повышением стоимости очистки технических масел и, с другой стороны, применением эмульсий, типа мазут-вода в качестве топлива в электротехнике.

Особенно актуальными являются технологии экспресс определения содержания вода в энергетических и топливных маслах минерального типа.

Среди экспресс технологий определения влагосодержания наибольшее распространение получил диэлектрический метод анализа, основанный на определении диэлектрических характеристик эмульсии [4,5].

Однако широкому распространению данного метода анализа препятствует тот факт, что известные электрофизические модели эмульсии типа минеральное масло – вода, являются крайне сложными для инженерного их применения и, тем более, для целей экспресс анализа.

Цель работы. Разработка упрощенной электрофизической модели эмульсии типа минеральное масло – вода, позволяющей эффективно использовать диэлектрический метод анализа влагосодержания в инженерных целях, в том числе для проведения экспресс - анализа влагосодержания.